

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **56080183 A**

(43) Date of publication of application: **01.07.81**

(51) Int. Cl

H01L 33/00

H01L 21/205

H01L 21/86

(21) Application number: **54158664**

(22) Date of filing: **05.12.79**

(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD**

(72) Inventor: **KOBAYASHI ATSUYUKI
OKI YOSHIMASA
TOYODA YUKIO
AKASAKI ISAMU**

(54) **ELECTRIC-FIELD TYPE LUMINOUS SEMICONDUCTOR DEVICE**

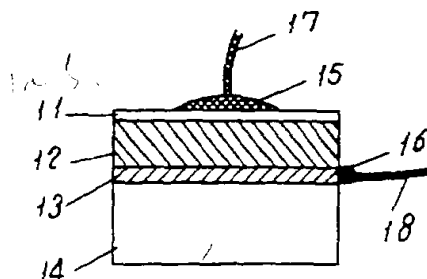
luminescence and stably functions can be obtained.

COPYRIGHT: (C)1981,JPO&Japio

(57) Abstract:

PURPOSE: To obtain an electric-field type luminous semiconductor device which stably functions at low voltage by forming the first contact directly connected to an insulating GaN crystal layer and the other contact electrically connected to the crystal layer through a GaN crystal layer with specified high resistance.

CONSTITUTION: An insulating GaN crystal layer 11 is grown on a sapphire substrate 14 through a GaN crystal layer 12, which is formed in undoped and has high resistance, and the first contact 15 directly connected to the insulating crystal layer 11 and the other contact 16 electrically connected to the insulating crystal layer 11 through the high resistance crystal layer 12 are made up. A conductive GaN crystal layer 13 is further made up at a location opposite to the insulating crystal layer 11, holding the high resistance crystal layer 12, and it is preferable that the density of the carriers of the high resistance crystal layer 12 is $10^{15} \sim 7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$. Thus, when about 5V DC voltage is applied between the contacts 15, 16 through conductors 17, 18, an element which displays blue or green



Kobayashi et al.

Japanese Laid-open No. S56-80183

ELECTRIC-FIELD TYPE LUMINOUS SEMICONDUCTOR DEVICE

As shown in FIG. 2, a layer formed in an initial period of a crystal growth on a sapphire substrate 14 is a conductive GaN layer 13. In an initial period of a crystal growth, a lot of GaN, each of which is in an island pattern, are detected on the sapphire substrate 14. Combining the GaNs in an island pattern, the conductive GaN layer 13 is formed. Because fusion of a crystal layer in the initial period is imperfect, the crystal layer contains much donor impurity, even though the donor impurity is not so pure, and the crystal layer becomes a conductive layer. Then a 50 μm in thickness of a high resistivity layer 12 is formed. Because a layer successively formed thereon fuses perfectly on the layer formed beneath, the layer 12 becomes to have a high resistivity. The high resistivity layer 12 has a carrier concentration of $10^{15}/\text{cm}^3$ to $10^{17}/\text{cm}^3$. The high resistivity layer 12 is formed in order to limit electric current flowing in an extremely thin insulating layer 11, resulting in preventing the insulating layer 11 from puncturing.

⑨ 日本国特許庁 (JP)
⑩ 公開特許公報 (A)

⑪ 特許出願公開
昭56-80183

⑫ Int. Cl.³
H 01 L 33/00
21/205
21/86

識別記号

庁内整理番号
7739-5F
7739-5F
7739-5F

⑬ 公開 昭和56年(1981)7月1日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 5 頁)

⑭ 電場発光半導体装置

① 特 願 昭54-158664

② 出 願 昭54(1979)12月5日

③ 発 明 者 小林敬幸

川崎市多摩区生田4896番地松下
技研株式会社内

④ 発 明 者 大木芳正

川崎市多摩区生田4896番地松下
技研株式会社内

⑤ 発 明 者 豊田幸雄

川崎市多摩区生田4896番地松下
技研株式会社内

⑥ 発 明 者 赤崎勇

川崎市多摩区生田4896番地松下
技研株式会社内

⑦ 出 願 人 松下電器産業株式会社

門真市大字門真1006番地

⑧ 代 理 人 弁理士 中尾敏男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

電場発光半導体装置

2. 特許請求の範囲

(1) サファイア基板上に成長させられた窒化ガリウムによる電場発光半導体装置において、絶縁性の窒化ガリウム結晶層と、この結晶層に直接接続された第1の接触と、この結晶層にアンドープでかつ高い抵抗を有する窒化ガリウム結晶層とを介して電気的に接続された他の接触とを備えて成る電場発光半導体装置。

(2) アンドープでかつ高い抵抗を有する窒化ガリウム結晶層をはさんで絶縁性の窒化ガリウム結晶層と反対の位置に、導電性の窒化ガリウム結晶層を有することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の電場発光半導体装置。

(3) アンドープでかつ高い抵抗を有する窒化ガリウム結晶層のキャリア密度が 10^{15} ないし 10^{17} cm^{-3} であることを特徴とする特許請求の範囲第1項又は第2項記載の電場発光半導体装置。

3. 発明の詳細な説明

この発明は窒化ガリウム（以下GaNと書く）による電場発光半導体装置に関するものである。

GaNによる電場発光半導体装置は、一般に第1図に示す様子を有している。すなわち、発光にあずかる絶縁性のGaN結晶層（以下絶縁層と呼ぶ）1と、これをその上に得るための導電性のGaN結晶層（以下導電層と書く）2、及び導電層をその上に得るための基板3とから成る本体と、絶縁層1に直接接続された第1の接触4、及び導電層2に直接接続された他の接触5とから成っている。導電層2は、絶縁層1に直接接続しており、電気的には他の接触5の延長として働き、実験にはあらかも絶縁層に一方の接触を接続したように働く。6、7は外部から印加された電圧を導くための導線である。

このような電場発光半導体装置を作成する方法は以下の様なものである。例えば、一面を鏡面研磨した直径2.5cmのサファイア基板上に気相エビタキシャル法により、先ず約50μm厚のアンド

ープGaN層を形成する。アンドープGaN層は通常内部に高密度の空孔を含み、これらがドナーとなるため高導電性を持ち、この層は導電層2として働く。キャリア密度は通常 10^{18} ないし 10^{21} cm^{-3} 、導電率はたとえば100モー程度である。引き続き、Zn, Mg, Cdなどのアクセプタ不純物を気流中に含ませてドーピングを行いつつ気相エピタキシャル成長を施すと、導電層上にはドナーが充分補償された絶縁層1が形成される。これに相当な金属、例えばInにより接触4及び5を接続して電極発光半導体装置が形成される。

この様な装置においては、第1の接触4に正、他の接触5に負の直流電圧を印加することにより絶縁層1の内部で高電界域を生じ、その結果起ったアバランシェ現象により自由電子が生じ、これが再結合して青ないし緑色の発光が起り、透明な導電層2及びサファイア基板3を通して外部から観察される。

一般に、本装置を無誘導回路電線と共に使用する場合などを考慮すると、本装置の動作電圧は少

よるものである。この上に引続き成長させる絶縁層もこれらの欠陥を受け継いで成長する。しかも導電層、絶縁層の界面近傍では、両層の格子定数のわずかな相異などから、これらの欠陥の特性は強調されやすい。装置に動作電圧を印加した場合、絶縁層中のこれらの欠陥は電界集中を受けやすい箇所となる性質がある。従って、動作電圧を低くするために絶縁層を1 μm 以下と薄くした場合に、これらの欠陥が無視できないものとなる。

印加電圧により装置が破壊する過程は以下の様であると考えられる。今、装置に動作電圧を印加すると、絶縁層中にアバランシェ現象を生じ、絶縁層の抵抗は瞬時に低下する。発光はこのアバランシェ現象により生じた電子が再結合する過程で得られるものである。もし、絶縁層中に欠陥が存在すると、そこに電界集中が起り、この部分のアバランシェ現象は過激となり、抵抗の低下が更に起り、更に電界集中が起る。外部により適当に電流規制のない限り、集中的に過大な電流が流れ、

くとも1.2V以下が望ましい。ところで、この様な電極発光半導体装置の動作電圧は主に絶縁層の性質、特にその厚さに依存するという事実がある。このため、実際に安定に動作する様な装置を作成すると、動作電圧が高いものになってしまう。すなわち動作電圧の低い装置を作成するには、絶縁層を薄くせねばならないが、この場合しばしば印加電圧により絶縁層に破壊が起り装置の動作が不良になり、例えばショートを起すなどして動かなくなってしまう。従って、研究室段階で試作されたいくつかの例外を除き、動作電圧が約10Vと高いものしか作成できなかった。この理由は現段階で必ずしも明らかではないが、以下の様なものと考えられる。

すなわち、従来より知られた気相エピタキシャル法でサファイア基板上に成長して得られるGaN導電層はヘテロエピタキシャルであるため必ずしも良質でなく本質的に内部に欠陥を含む。この欠陥とは例えば、結晶性の差異に基づく抵抗の不均一、成長速度の差異から来る厚さの不均一などに

違にはその箇所での絶縁層の破壊に至る。この結果装置の動作は不良となる。

本発明は、上記欠点を改良し、低電圧で安定に動作する、GaNによる電極発光半導体装置を提供するものである。すなわち、この目的を達するために、絶縁層に直接接続された第1の接触と、所定の高抵抗層を介して絶縁層に電気的に接続された他の接触とを具えて成る電極発光半導体装置を与えるものである。

以下、本発明の実施例を詳細に説明する。第2図は、本発明の一実施例を示す横断面図であり、11はGaN絶縁層、12は本発明の特徴部分であるGaN高抵抗層、13はGaN導電層、14はサファイア基板である。また、15は絶縁層11に直接接続された第1の接触、16はGaN導電層13、高抵抗層12を介して絶縁層11に電気的に接続された他の接触である。17、18は導線である。今、本装置に動作電圧を印加すると、絶縁層中にアバランシェ現象を生じ絶縁層11の中での発光が見られるが、たとえ絶縁層を薄くして、動作電

圧を低くしても本装置は安定に動作する。この理由は以下の様に考えられる。すなわち、アバランシェ現象により絶縁層の抵抗は瞬時に低下するにもかかわらず新たに形成された高抵抗層12により電流の流れに制限を受け、それ以上の抵抗の低下が防止され、安定なアバランシェ電流が流れる。高抵抗層12の抵抗値は 100Ω ないし $10k\Omega$ が適当である。この時の高抵抗層12のキャリア密度は 10^{15} ないし $7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ となっている。

本発明の半導体装置は、例えば以下の様に作成される。

まずサファイア基板14上に気相エピタキシャル法によりGa_xNを成長させるに先立って、サファイア基板をGaX (X=Cl, I, Br)の雰囲気中で熱処理を行う。この熱処理法については本出願人の先願(特願昭54-45541)に詳しく述べられている。しかる後にサファイア基板14上にアンドープでGa_xNエピタキシャル成長を行うと、先ず基板14とエピタキシャル層との界面近側に導電層13が得られ、引続き以後の成長で高抵抗

層はスペクトルの形(b)よりキャリア密度が 10^{16} cm^{-3} 程度であることを示している。また、電気的測定によれば、これらの層の抵抗は 100Ω ないし $10k\Omega$ を示す。

この様に得た基板との界面近くの高抵抗層13、及びその上に引続き成長した約 $50\mu\text{m}$ の高抵抗層12の上に、更に続いて通常の方法により、アセブタ不純物のドーピングされた、 $1\mu\text{m}$ 程度以下の極めて薄い絶縁層11を形成し、これに第2図の様に接触15及び16を接続し、本発明の電発光半導体装置が得られる。

さらに本方法で成長させた高抵抗層12は均一性がよく、欠陥の少ない絶縁層が得られるという利点も有している。このため、本方法を用いて得た本発明装置は、良質な絶縁層11を薄くすることが可能となり、容易に動作電圧の低いものが得られる。

一方、 $7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ よりキャリア密度の多い結晶層にあっては、従来の導電層と抵抗値が近く、かつ、欠陥を多く含む様になる。また、 10^{15} cm^{-3}

層12が得られる。この原因は以下の様に考えられる。成長初期には基板14表面上に多数の小さな島状のGa_xNが先ず析出し、夫々成長して、最終近くにある同様の島状結晶と融合してゆき、最後に全面に結晶層が形成される。融合初期段階の結晶層は未だ融合が不完全のため比較的良好でなくドナーも多く含まれるため導電層13となる。しかるに本熱処理法による熱処理を施したことにより、各島状結晶は結晶学的によくそろっているため、引続き成長する層は融合が完全となり、良質でドナーが少なく、結果的に、アンドープにもかかわらず高抵抗層12を形成すると考えられる。

この高抵抗層12は、キャリア密度 10^{15} ないし $7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ の範囲を持つ。第3図はこの様に得たGa_xN層の表面の紫外反射スペクトルである。Ga_xNの紫外反射スペクトルの形は、キャリア密度によって変化するため、その形からキャリア密度を知ることができる。従来法で成長した、キャリア密度 10^{16} cm^{-3} 以上の層表面のスペクトル(a)に対して、本方法により得た高抵抗層12の例

より低いキャリア密度の場合には、装置に電流を流すのが困難となり、不適当となる。

導線17, 18を介して、第1の接触15に正、他の接触16に負の直流電圧約5Vを印加することにより、本装置は青ないし緑色の発光を示し、かつ極めて安定に動作する。

第4図は、本発明の他の実施例を示したものである。図において、21~23は、先の実施例の11~13と夫々同じものを表す。本例の導電性結晶部分23は、気相エピタキシャル成長前に基板24に予めスクラッチ30をつけておくことにより、成長中に導電層23、高抵抗層22、絶縁層21の各層を通して形成されたものであり、他の接触26がこの上に接続されている。導電性結晶部分23は他の接触25と導電層23とを電気的に接続する役目を果たす。本例では、他の接触26は第1の接触25と同一平面上に形成することができ、かつ先の実施例と同様の特性が得られる。

第5図は更に他の実施例を示している。31~

30はそれぞれ21~26と夫々同じものを表す。
30は、絶縁層31を貫いて高抵抗層32に達するキズであり、絶縁層31の形成後につけられる。他の接触30はこの上に接続される。この場合高抵抗層32の厚さは電極間隔に比して、数分の1以下のため、電流は図中1の様に流れる。先の実施例と同様に約7Vの直流電圧を印加することにより青色ないし緑色の発光が見られ、かつ極めて安定に動作させることができる。

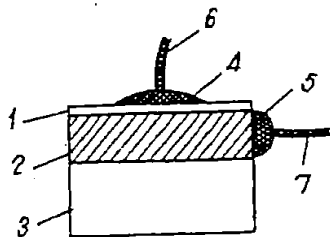
上記の実施例において、他の接触10, 20, 30は絶縁層ないし高抵抗層の表面ないし側面のいずれに接して接続されても本質的に動作に影響がない。

以上のように本発明は、絶縁層に直接接続された第1の接触と、所定の高抵抗層を介して絶縁層に電気的に接続された他の接触とを具備した電発光半導体装置を提供するもので、低電圧で安定に動作する利点を有する。

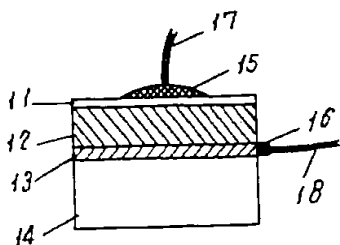
4. 図面の簡単な説明

第1図は従来の電発光半導体装置の構造を示す

第1図



第2図

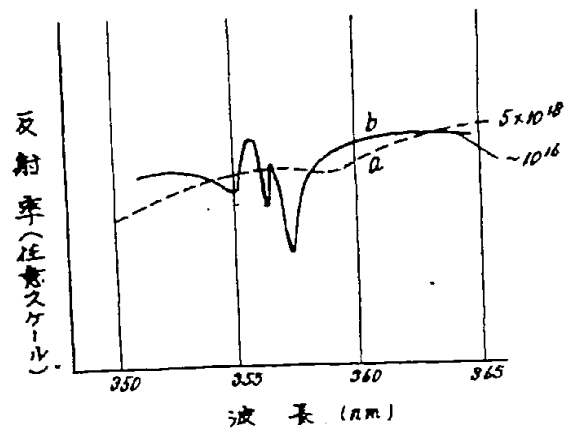


す断面図、第2図、第4図、および第5図は本発明の一実施例における電発光半導体装置の構造を示す断面図、第3図は従来装置および本発明装置に使用される結晶のキャリア密度を表す紫外反射スペクトルの例を示す図である。

1, 11, 21, 31……絶縁層、2, 13, 23, 33……導電層、12, 22, 32……高抵抗層、3, 14, 24, 34……サファイア基板、4, 15, 25, 35……第1の接触、5, 10, 20, 30……他の接触。

代理人の氏名 弁護士 中 尾 敏 男 ほか1名

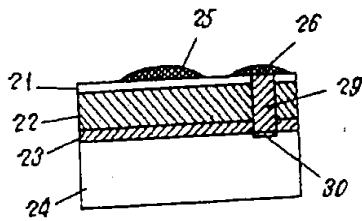
第3図



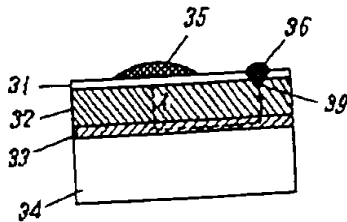
手続補正書

昭和56年6月5日

第4図



第5図



特許庁長官殿

1 事件の表示

昭和54年特許願第158664号

2 発明の名称

電場発光半導体装置

3 補正をする者

事件との関係

特許出願人

住所

大阪府門真市大字門真1006番地

名称

(582) 松下電器産業株式会社

代表者

山下 俊彦

4 代理人

〒571

住所

大阪府門真市大字門真1006番地

松下電器産業株式会社内

氏名

(5971) 芥理士 中尾 敏男

(ほか1名)

〔連絡先 電話06(437-1121) 特許分室〕

5 補正の対象

明細書の特許請求の範囲の欄

明細書の発明の詳細な説明の欄

2. 特許請求の範囲

(1) サファイア基板上に成長させられた窒化ガリウムによる電場発光半導体装置において、絶縁性の窒化ガリウム結晶層と、この結晶層に直接接続された第1の接触と、この結晶層にアンドープでかつ高い抵抗を有する窒化ガリウム結晶層とを介して電気的に接続された他の接触とを備えて成る電場発光半導体装置。

(2) アンドープでかつ高い抵抗を有する窒化ガリウム結晶層をはさんで絶縁性の窒化ガリウム結晶層と反対の位置に、導電性の窒化ガリウム結晶層を有することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の電場発光半導体装置。

(2) アンドープでかつ高い抵抗を有する窒化ガリウム結晶層のキャリア密度が 10^{15} ないし $7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であることを特徴とする特許請求の範囲第1項又は第2項記載の電場発光半導体装置。

6. 補正の内容

(1) 明細書の特許請求の範囲の欄を別紙の通りに補正致します。

(2) 同書第5ページ第10行目の「欠陥が有」を「欠陥が存」と補正致します。

(3) 同書第6ページ第4行目の「動作するGa₂N」を「動作するGa₂N」と補正致します。